

# มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

## คณะวิศวกรรมศาสตร์

การสอบปลายภาค ประจำปีการศึกษา 2

ประจำปีการศึกษา 2547

วันที่ : 23 กุมภาพันธ์ 2548

เวลา 9.00-12.00 น.

วิชา : 237-340 Particulate Materials Technology

ห้อง R200

ชื่อ ..... ชื่อสกุล..... รหัส .....

### คำชี้แจง

- 1 ก่อนทำข้อสอบ ให้นักศึกษาเขียนชื่อ ชื่อสกุล และรหัสนักศึกษา ให้เรียบร้อย
- 2 อนุญาตให้นำกระดาษขนาด A4 จดบันทึกหน้า-หลัง ด้วยลายมือของตัวเองเข้าห้องสอบได้ และให้ส่งกระดาษนี้พร้อมข้อสอบด้วย
- 3 อนุญาตให้นำเครื่องคิดเลขเข้าห้องสอบได้ แต่ไม่อนุญาตให้ยืมจากเพื่อนในห้องสอบ
- 4 ข้อสอบมีทั้งหมด 14 ข้อ 12 หน้า คะแนนรวม 117 คะแนน (คิดเป็น 30% ของทั้งหมด) ให้นักศึกษาทำข้อสอบทุกข้อลงในกระดาษข้อสอบตามที่เว้นไว้ให้ (ถ้าเนื้อที่ที่กำหนดไว้ไม่เพียงพอ ให้ใช้ด้านหลังของกระดาษข้อสอบ)

ทฤษฎีในการสอบ โทษขั้นต่ำปรับตกในรายวิชานั้น และพักการเรียน 1 ภาคการศึกษา

### โทษสูงสุด ให้ออก

ข้อที่	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้	ข้อที่	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้
1	10		8	10	
2	10		9	5	
3	10		10	8	
4	5		11	5	
5	5		12	5	
6	14		13	10	
7	10		14	10	
รวม	117				

ดร. นภิสพร มีมงคล

ผู้ออกข้อสอบ

สูตรความสัมพันธ์ที่สำคัญ

$$\rho_g = \rho_a H_0 / H$$

$$H = H_0 - \Delta H$$

$$\Psi = (\rho_s - \rho_g) / (\rho_T - \rho_g)$$

$$\rho_s = \rho_g / (1 - \Delta L/L_0)^3$$

$$C = C_0 [1 - (\gamma\Omega / kT)(R_1^{-1} + R_2^{-1})]$$

$$d\rho/dt = J A N \Omega$$

$$\varepsilon = 4\pi (r/G)^2$$

$$\frac{d\rho}{dt} = \frac{12 D_v \Omega}{kT G^3} \left( \frac{2\gamma}{r} - P_g \right)$$

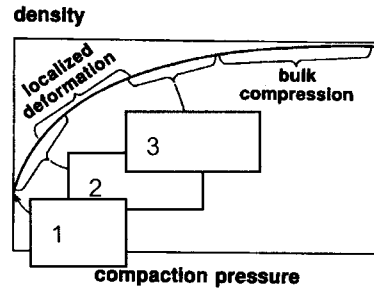
s = sinter, g = green, T = theory, a = apparent,  $\Psi$  = densification parameter,  $\rho$  = density

1. จงอธิบายวิธีการขึ้นรูปผงวัสดุโดยวิธี shaping และ compaction พร้อมยกตัวอย่างกรรมวิธีการขึ้นรูปทั้งสองมาอย่างละ 2 วิธี (10 คะแนน)



4. จงอธิบายปรากฏการณ์ของการอัดขึ้นรูปตามลำดับขั้นตอน พร้อมทั้งให้ชื่อลักษณะหรือพฤติกรรมที่เกิดขึ้นที่ระดับแรงอัดระดับต่างๆ (ให้ตอบว่าหมายเลข 1 2 และ 3 คืออะไร) (5 คะแนน)

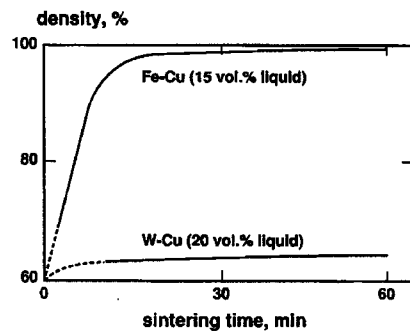
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....



...หมายเลข 1 คือ .....  
...หมายเลข 2 คือ .....  
...หมายเลข 3 คือ .....

5. เพราะเหตุใดการอบผนึกเฟสผสมที่มีของเหลวเข้ามาเกี่ยวข้อง บางครั้งได้ความหนาแน่นหลังอบผนึกสูง (Fe-Cu) บางครั้งไม่ได้ความหนาแน่นสูง (W-Cu) อธิบายโดยภาพประกอบด้านล่าง (5 คะแนน)

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....



6. ให้ตอบคำถามหรืออธิบายความหมายของคำต่อไปนี้ สั้นๆ ให้ได้ใจความสมบูรณ์ (ข้อละ 2 คะแนน)

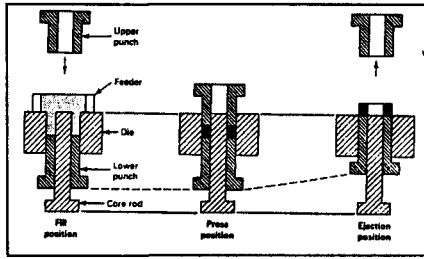
ก) รูปร่างของอนุภาคมีผลอย่างไรต่อการอัดขึ้นรูป (เช่น ความหนาแน่น ความแข็งแรง)

Irregular powder

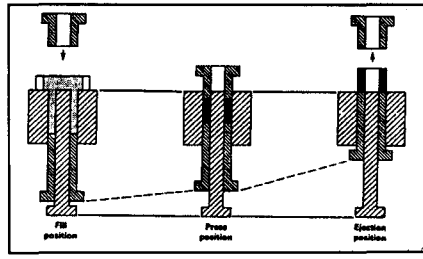
Spherical powder

- ข) ในการอัดขึ้นรูปผงวัสดุ 1 ชนิด ถ้าผงวัสดุที่นำมาอัดขึ้นรูปมีความแข็งเพิ่มขึ้น จะส่งผลกระทบต่อ  
การอัดขึ้นรูป
- ค) การอัดขึ้นรูปผงสองชนิดที่ประกอบด้วยผงแข็ง (hard powder) และผงอ่อน (soft powder) ถ้าปริมาณ  
ของผงแข็งเพิ่มขึ้นมีผลกระทบต่อ การอัดขึ้นรูป
- ง) การอบผนึกผงชนิดเดียวกันสองขนาด เมื่อผงขนาดใหญ่มีปริมาณเพิ่มขึ้น ส่งผลอย่างไรต่อความหนา  
แน่นหลังอบผนึก
- จ) ความหมายของการเคลื่อนที่ตามพื้นผิว (surface transport)
- ฉ) การอบผนึกแบบมีเฟสของเหลวเข้ามาเกี่ยวข้อง
- ช) วิธีวัดปริมาณการอบผนึก (degree of sintering)

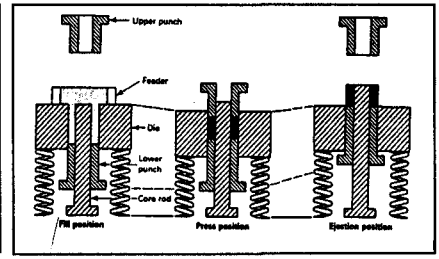
7. จงอธิบายลักษณะกรรมวิธีการอัดขึ้นรูป ในรูป ก) ข) และ ค) ในแง่ของการเคลื่อนที่ของเครื่องมือ พร้อมทั้งผลที่ได้จากการอัดขึ้นรูปทั้ง 3 วิธี (10 คะแนน)



ก)



ข)



ค)

8. จงเปรียบเทียบลักษณะการแน่นตัว พฤติกรรมของกลไก เวลาที่ใช้ และลักษณะการเปลี่ยนแปลงรูพรุนที่ได้จากการขึ้นรูปผงโลหะด้วยวิธี Hot Pressing, Hot Isostatic Pressing, powder forging และ cold compaction + sintering ( 10 คะแนน)

กรรมวิธีการผลิต	ผลที่ได้ (output)
การอัดร้อน (hot pressing)	
การอัดร้อนทุกทิศทาง (hot isostatic pressing)	
การทุบขึ้นรูปผง (powder forging)	
การอัดแน่น+การอบพ่น (compaction + sintering)	

9. จากภาพความสัมพันธ์ระหว่าง ขนาดเกรน และขนาดรูพรุน ให้อธิบายว่าเรามีวิธีที่จะควบคุมไม่ให้รูพรุน แยกออกจากขอบเกรนได้อย่างไร (5 คะแนน)

.....

.....

.....

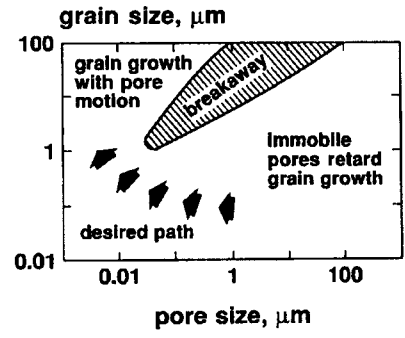
.....

.....

.....

.....

.....



10. การปรับเปลี่ยน factors ต่างๆ ในการอบผืน (sintering) วัสดุจากชิ้นงานกรีนเป็นชิ้นงานหลังอบผืน จะส่งผลกระทบต่ออย่างไรบ้าง (8 คะแนน)

การปรับเปลี่ยนปัจจัยการอบผืน	ผลกระทบ
ลดขนาดอนุภาค	
อบผืนเป็นเวลานานขึ้น	
เพิ่มอุณหภูมิอบผืน	
เพิ่มความหนาแน่นกรีน	



11. การเลือกบรรยากาศในการอบผนึกต้องคำนึงถึงปัจจัยอะไรบ้าง?

(5 คะแนน)

12. การเลือกชนิดของสายพานลำเลียงเพื่อนำชิ้นส่วนกรีนเข้าสู่เตาอบผนึกมีปัจจัยอะไรบ้างเข้ามาเกี่ยวข้อง (เช่น การเลือกสายพาน stainless steel หรือ ceramic)

(5 คะแนน)



14. คำถามเกี่ยวกับ PM applications

(ข้อละ 1 คะแนน)

- ก) การทุบขึ้นรูปผง (powder forging) นิยมใช้ผลิตชิ้นส่วนชนิดใดในอุตสาหกรรมยานยนต์
- ข) ในการผลิตชิ้นส่วน cutting tool จาก tungsten carbide (WC) ด้วยวิธี Powder metallurgy มีการเติมโลหะชนิดใดลงไปเพื่อเพิ่มความแข็ง และลดความเปราะ
- ค) ในการผลิตแหวนทองด้วยวิธีทาง PM, ผงทองที่นำใช้ได้มาจากกรรมวิธีการผลิตแบบใด?
- ง) การขึ้นรูปเฟืองด้วยวิธี PM จากผงเหล็กกล้าผสมต่ำ มักมีการเติมโลหะชนิดใดเพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับฟันเฟือง?
- จ) ชิ้นงานเฟือง PM ที่ผลิตจากผงเหล็กกล้าผสมต่ำ ก่อนนำไปใช้งานมักนำไปเพิ่มความแข็งที่ผิวด้วยวิธีใด?
- ฉ) ชิ้นส่วนเบรกเครื่องบิน ที่ผลิตด้วยวิธี PM ส่วนใหญ่ใช้วัสดุชนิดใดบ้าง?
- ช) Self-lubricating bearings หรือ oil-retaining bearings หมายถึง bearings ประเภทใด?

ช) ในการผลิตไส้หลอดไฟ (lamp filament) ที่ทำจากทังสเตน หลังจากขั้นตอนการอบนึ่งทังสเตนแล้ว ต้องนำไปผ่านเทคนิคแบบใดอีกเพื่อทำเป็นเส้นหรือขด

ฉ) วัสดุที่นิยมนำมาทำเป็นชิ้นส่วนเกี่ยวกับแม่เหล็กด้วยกรรมวิธีโลหะกรรมวัสดุผง มีอะไรบ้าง?

ญ) ผงไทเทเนียมที่นำมาผสมกับโลหะอื่นเป็นไทเทเนียมผสม เพื่อนำไปผลิตเป็นชิ้นส่วนอุปกรณ์ทางการแพทย์ มีวิธีการผลิตอย่างไร?